

放送用拡声設備に関する研究

著者	西宮 元
号	143
発行年	1971
URL	http://hdl.handle.net/10097/11092

氏 名（本籍）	西 宮 元（秋田県）
学 位 の 種 類	工 学 博 士
学 位 記 番 号	工 第 1 4 3 号
学位授与年月日	昭和 4 6 年 7 月 7 日
学位授与の要件	学位規則第 5 条第 2 項該当
最 終 学 歴	昭和 3 2 年 3 月 東北大学工学部電気工学科卒業
学 位 論 文 題 目	放送用拡声設備に関する研究
論文審査委員	（主査） 教授 城戸 健一 教 授 二村 忠元 教授 柴山 乾夫 助教授 曾根 敏夫

論 文 内 容 要 旨

1 研究の目的とその背景

最近の放送においては、従来の放送形態の一つの欠点であった情報の一方向伝送性を極力避けるための手段として、放送の公開および視聴者の番組への参加を積極的に進めている。

そのため公開放送用の拡声設備の設計および運用に関する諸問題が、放送技術の中で占める重要度が極めて大きくなっている。

放送形態の中で、情報の伝送の面からみて、もっとも錯綜している公開番組における情報の流れを示したのが1図である。

出演者の発声音は、直接音場を介するか、あるいは拡声系統を通して場内聴衆に、また放送系統を通して放送聴取者に伝送される。これら3系統の伝送系は、いわば開ループの系であって、それぞれ

から入力系としての出演者にフィードバックがあり、また、伝送系の内部にも局所的なフィードバックがある。

そのループを内側からあげると、まず第1グループとして出演者の発生音が音場から直接返って来る、はね返り音のループがある。

つぎに拡声設備を使用した場合の拡声用スピーカから収音マイクロホンに物理的に帰還する、いわゆるハウリングのループと、出演者に与えられるはね返り音のループがあり、これらが第2、第3のループである。さらにその外側に聴衆の反応や場内の雰囲気、出演者に伝えられる第4のループがあり、こゝまでが同一音場内でのループである。最後に放送聴取者の反応が放送世論や批評の形で社会機構を通じて出演者にかえって来るループがあって放送における情報伝送系が完結することになる。

ところで、これらのループを研究分野別にみると、内側の第1～第3のループは工学に、外側第4、第5のループは心理学、社会学の分野に属すると考えてよい。また、これらのループの動作は内側のループから外側のループへと遠心的にその影響を及ぼしているので、放送における情報の一方向伝送性の弊害を除き、番組内容を向上させるためには、これらのループの動作を完全に解明する必要があるのは当然であるが、その手順としては内側のループから外側のループへと順次固めてゆくのが妥当であると思われる。

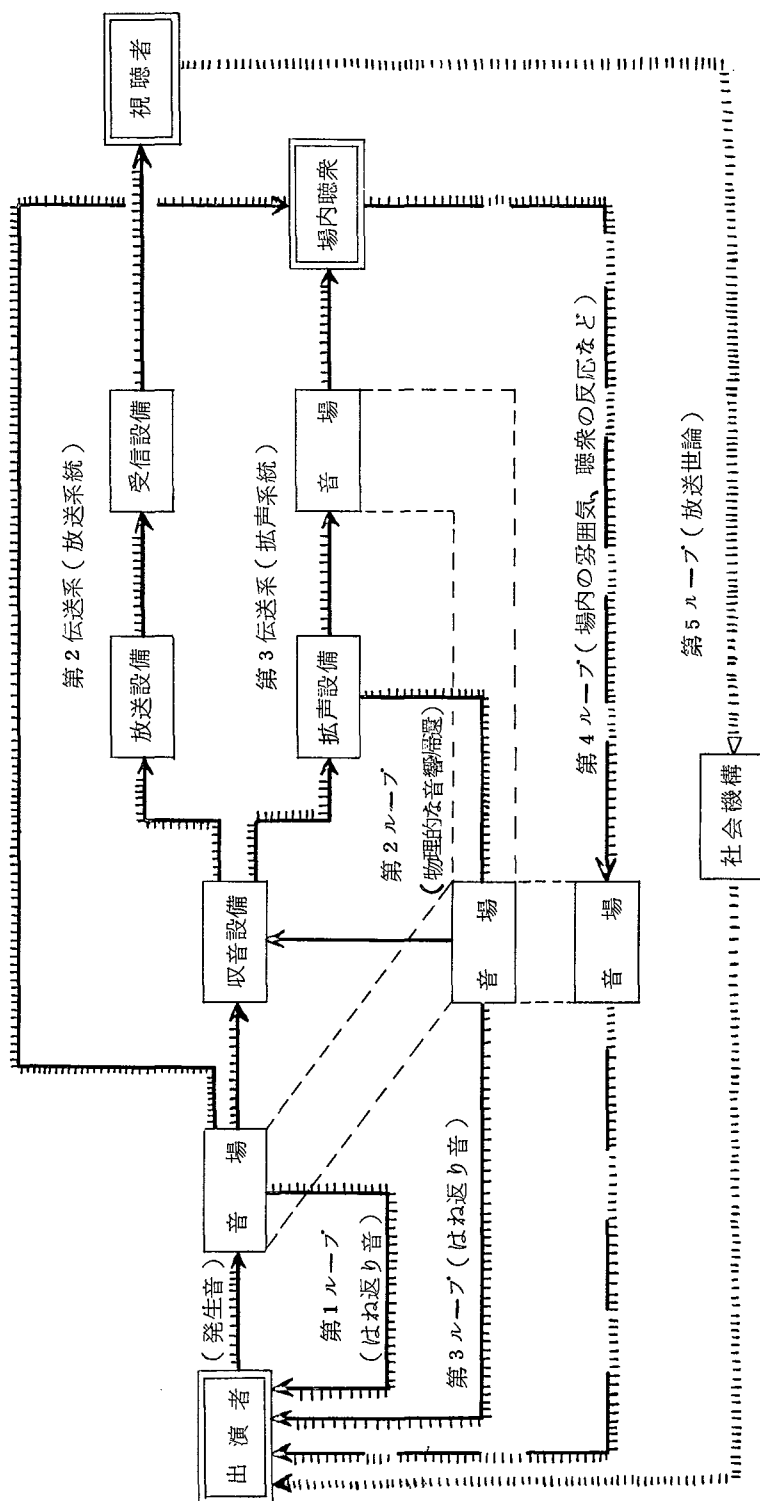
この意味で、このような5つのループから成立つ系の諸問題を取扱うにあたって、工業的立物からの検討がいかに重要であるかわかるが、一方、これまで研究が進められて来たのは、開ループとしての3つの伝送系と、第2ループの物理領域の問題としてのハウリングの検討までであって、第1、第3ループの物理領域、心理領域の問題、第2ループの心理領域の問題にまでは、未だ発展していないのが実情である。

本論文においては、放送用拡声設備の総合的な設計法を確立するために、物理領域、心理領域両面に渉る広い意味での音響帰還系に着目して考察をおこない、この結果と、これまでの研究成果を集成して目的を達成した。

本論文でおこなった考察によって、放送用拡声設備に関する工学的な意味での設計方針およびそれに付随する諸問題については、ほぼ明確になったと思われるが、今後研究が発展して1図における第4、第5のループが放送に有効に利用されるようになった場合にも、本研究の成果は放送における情報の交流に、充分意を尽すために必須のものたる地位を失わないであろうことを確信する。

なお、一般の多目的ホールや講堂の拡声設備および普通の放送用や録音用スタジオなどにおける問題については、1図のループのうちの一部が省略されたものに他ならないので、当然本論文でおこなった考察の中に包含される。したがってこれらの問題についても本論文の検討結果を準用することができる。

第1伝送系（拡声なしの場合）



1図 公開放送におけるエネルギーと情報の流れ

2 論文の構成

第1章 序 論

序論においては，放送用拡声設備に関して，放送技術上で占める重要性や，その将来性に対する期待，これまでの成果などについて述べたあと，それに対処するための研究の方法および手順について述べた。

第2章 出演者への音響帰還の効果

こゝでは，出演者への音響帰還，すなわち，はね返り音の特性と発声機能および演奏機能の関連について述べた。

まず，室や拡声設備から出演者に与えられるはね返り音のレベル，時系列，周波数特性，入射方向などの物理領域における要因と出演者の“話しやすさ”との関連を明確にし，またそれによって影響を受ける発声音の物理特性の変化を，音場条件をシミュレートした評価実験によって求め，入力系（出演者）に関する室および拡声設備の設計規準が得られた。

つぎに演奏機能については，まず，演奏家による各地の音楽ホールについて“演奏しやすさ”の立場からの評価をおこない，演奏家が演奏しやすいと感ずるための要因を把握し，しかる後にシミュレートした音場条件のもとで“演奏しやすさ”の主観評価をおこなった。

以上の検討を通じて散乱音々場における発声および演奏の物理心理的な問題は，生体における自動制御の一つとしてとらえることによって説明できることが判明した。その場合，制御量は出演者に与えられるはね返り音の物理特性，被制御量は発声音の物理特性すなわち“話しやすさ”についていえば，発声レベルとスピーチレイト，および設定基準量（目標量）は“聴きやすさ”であり，直接音に対して相関の大きい反射音（エコー）がスピーチレイトと，相関の小さい残響音が発声レベルと対をなして動作することを指摘した。

第3章 音響帰還における特異残響音による心理的效果

こゝでは音響帰還系における特異残響音，すなわち拡声設備が帰還系として不安定になった時に生ずる，純音性の残響音による音質阻害の弁別限について述べた。

伝送系ピーク特性がある場合に生ずる過渡音の検知限についてはすでに松田によって単一共振系をモデルとして物理特性から過渡音検知限を求める方法が提案されている。

本章においては，それによって得られた知見をもとに，閉ループでかつマルチモードの音響帰還系について，音場の統計的性質を考慮してその動作を解析し，受聴音圧レベルおよび特異残響音の発生する帯域の室の残響時間から，特異残響音を検知されないための利得余裕（ハウリングマージン）の

計算方法を示した。

一方、音響帰還系における特異残響音の検知限を入力系（出演者）、出力系（放送聴取者、場内聴衆、調整技術者）に分け、それぞれの聴取態度に見合った実験条件のもとで、評価実験をおこなって求めた。

以上の結果を総合することにより、室内音響条件、拡声設備の設置条件、および用途を知ることによって特異残響音の検知限が求められ、とるべき利得余裕を定量的に決定することができるようになった。

第4章 安全拡声利得による拡声設備の性能の評価法

拡声設備の設計や運用にあたって、それを設置する室の室内音響条件を充分考慮に入れて、その拡声設備の伝送系としての帰還安定性、出力系としての客席に与えられる音圧レベル、入力系としての出演者に帰還されるはね返り音の特性などを総合的に考察するこめの評価量として安全拡声利得を導入した。

この安全拡声利得というのは、一般の帰還回路網において、利得余裕を0.5（ハウリングマージン6dB）とした時の入出力比に相当するもので、こゝでとった利得余裕は、物理的な意味での安定性のほかに、第3章の検討結果から決めたものである。

一般にハウリングは波動音響学的な取扱いを必要とする周波数帯域で発生することが多いが、その反面、拡声設備の設計には室の形状寸法や吸音力の分布、拡声設備の設置状態などの幾何学的な要因との対応が明確でないと不便である。そのため、安全拡声利得の誘導にあたっては、これら幾何学的な要因によって表現できるエネルギー伝送と統計的な考察に基く音場のピークファクタとを結合させて算出した。

その結果、拡声設備の安定性、マイクロホン近傍すなわち出演者近傍の音場条件、客席に与えられる拡声音の特性などを、総合的かつ簡便に知ることができるようになった。

このように安全拡声利得を拡声設備に関する評価指数（Figure of Merit）として採用することによって、設計時の目安のほかに運用時にもその性能を総合的に簡易測定できるので、放送技術において賞用されている。

第5章 安全拡声利得の向上法

拡声設備の第一の目的とするところは、音響帰還に対して安全でかつ客席への拡声音の音圧レベルをできるだけ上昇させること、すなわち、安全拡声利得をできるだけ大きくすることである。

安全拡声利得を向上させるためには、周波数、時間または空間領域において信号に何らかの処理を、ほどこし、それによって帰還ループ内を伝送される平均パワーを下げるか、音場のピークファクタを下

げるか、いずれかをおこなう必要があるが、こゝではまず各種の安全拡声利得の向上法を分類してその優劣を検討した。

その結果、安全拡声利得の向上の可能性および信号処理による音質劣化の程度の両面からみて、室内音響条件および拡声設備の設置条件による方法を第一にとりあげるべきであることを指摘した。

しかし、その上になお数 dB の改善を必要とする場合のために、放送用として音質劣化をできるだけ少なく留めてという立場から最適のものとして、周波数ゆらぎ方式を提案し考察をおこなった。この方式は音場の二点間の伝送周波数特性が多重共振系になっており、かつ共振系を高速周波数掃引することによって、系の周波数応答のピークが減少することに着目し、拡声信号に周波数ゆらぎを与えて目的を達するものである。

最後にこの方法と、これまで発表された方式とを、物理領域および心理領域の両面から比較し、この方式が放送用として満足し得るものであることを立証した。

第 6 章 放送用拡声設備の設計法

本章においては、これまでの検討結果の集大成としての拡声設備の設計法について述べた。

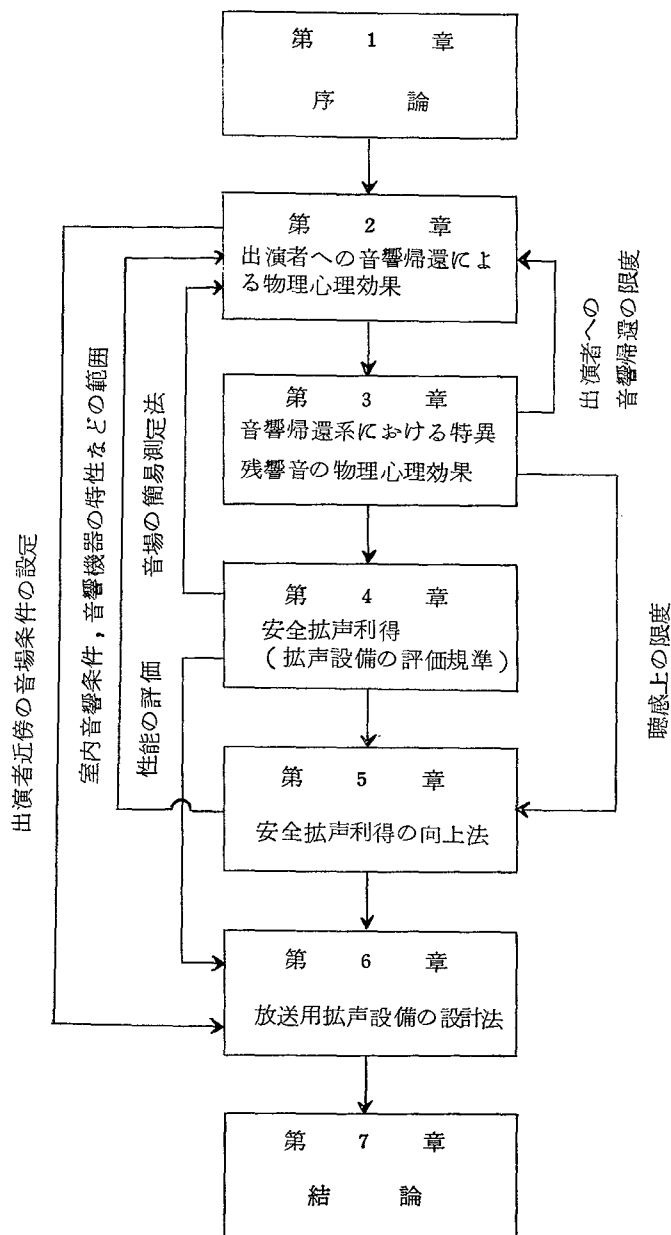
第 1 図に示したような、出演者から受聴者に至る 3 本の開ループ系統と、本論文において検討した音響帰還の閉ループの 3 系統を集大成し、工学的な立場での拡声設備における情報の流れを完全に網羅する形で設計法を構成した。

放送用拡声設備には、恒久的な設備 — 純粋の放送用ホールの他一般の多目的ホールも放送に使用することを条件に入れて計画することが多い — と、中継放送に使用するような臨時的な設備とがあるが、こゝでの設計法はそのいずれにも適合するような形でまとめた。

第 7 章 結 論

以上の各章の検討結果を総括したものである。

なお、各章間の検討内容と結果の関連は 2 図に示したとおりである。



2 図 論文を構成する各章間の関係

審 査 結 果 の 要 旨

従来の放送では、スタジオなどで演出されたプログラムをできるだけ忠実に放送するということが目的とされ、その目的に従って技術体系が作られていた。ところが、近年、視聴者の参加する、いわゆる公開放送という形によって、放送における情報の流れに、従来のような一方的なものより、視聴者の反響を直接放送内容に取り入れるという両方向的なものが多くみられるようになってきた。その場合には、放送に送り出す音声や音楽などを参加している視聴者にも聞かせ、視聴者側からの音声なども放送のために収録する必要があるため、拡声装置を通した出演者の声や音楽が、時間遅れと音質の変化を伴って出演者へ帰還されるという、従来の放送では考えられなかった問題が発生する。これは、公開放送が始まって以来の大問題であるが、系統的な研究の成果がなかったため、この問題が放送の質を決定する最も重要な要素の一つであるにもかかわらず、放送現場にまかされた末梢的な技術として処理されていた。本論文は、著者がこの点を取りあげ、その中でも、従来ほとんど研究されていなかった出演者への音響帰還の重要性に注目して研究し、さらに、それに関連する設備についての研究を行なった結果をまとめたもので、全篇7章からなる。

第1章は序論であり、研究の背景、動機と方法について述べてある。

第2章では、出演者へ帰還される音が発声および演奏の機能に与える影響について行なった大規模な実験的研究の結果をまとめ、これを生体における自動制御系の一つとしてとらえて検討しており、直接音との相関の大きな独立した反射音が発声速度に関係し、相関の小さな残響音が発声レベルに関係する等の事実が明らかにされている。このように、発声者、演奏者に対する音響条件の影響を系統的に研究して明らかにしたのは本研究が最初であって、高く評価されるべき成果である。

第3章では、音響帰還によって発生する特異残響音の心理的影響および検知限を、出演者、放送聴取者、場内聴衆および調整技術者についてしらべ、特異残響音を感じさせないための利得余裕の計算方法を示してある。これらは、放送用拡声設備の設計基準を定めるために貴重な基礎資料である。

第4章では、前章までの結果を利用し、残響時間と受聴音圧レベルに注目して安全拡声利得を定義し、それによって拡声設備の性能を評価する方法を与えてある。

第5章では、前章で定義した安全拡声利得を向上させるための一般的な方法を論じ、新しく周波数ゆらぎ方式を提案し、その方法は音質の低下の危険性が少なく、放送用としての目的に適することを示している。

第6章は、以上の研究成果にもとずき、放送用拡声設備の設計法をまとめたものでありこの結果は放送現場に実用されて効果を上げている。

第7章は結論である。

以上要するに、本論文は、放送に用いる拡声設備の設計、運用に関する系統的指針を得ることを目的とし、従来未知であった反射音と残響音の演奏者への帰還の効果を明らかにしたものであり、通信工学に究与するところ少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として合格と認める。